



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 18 DEC. 2001

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Planche', enclosed within a large, stylized oval loop.

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04
Télécopie : 33 (1) 42 93 59 30
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

cerfa
N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 W / 260899

REMISE DES PIÈCES DATE 04 JAN. 2001 LIEU 63 N° D'ENREGISTREMENT 0100281 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 04 JAN. 2001		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Manufacture Française des Pneumatiques MICHELIN Joël RIBIERE Service SGD/LG/PI - LAD 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 09	
Vos références pour ce dossier (facultatif) P10-1299/JR			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	Date
Demande de brevet initiale		N°	Date
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Cable d'acier multicouches pour armature de sommet de pneumatique.			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input checked="" type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		Société de Technologie MICHELIN	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		4 . 1 . 4 . 6 . 2 . 4 . 3 . 7 . 9	
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	23 rue Breschet	
	Code postal et ville	63000	CLERMONT-FERRAND
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

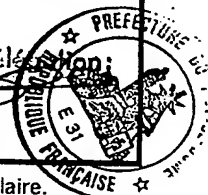


BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES DATE 04 JAN. 2001		<small>Réservé à l'INPI</small>	
LIEU 63			
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		0100281	
V s références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		P10-1299/JR	
6 MANDATAIRE			
Nom			
Prénom			
Cabinet ou Société		Manufacture Française des Pneumatiques MICHELIN	
N °de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PG 7107 et 7112	
Adresse	Rue	23 place des Carmes Déchaux	
	Code postal et ville	63040	CLERMONT-FERRAND CEDEX 09
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		04 73 10 71 21	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		04 73 10 86 96	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (<i>joindre un avis de non-imposition</i>) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (<i>joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence</i>):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		1	
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Pour MFPM - Mandataire 422-5/S.020 Joël RIBIERE - Salarié MFPM		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI P/Le Préfet, et par délégation: P. DUCREUX	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.





26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° 1b . / 2 . .

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

04 JAN. 2001

LIEU

63

0100281

N° D'ENREGISTREMENT

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 829 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)

P10-1299/JR

4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation

Date / /

N°

Pays ou organisation

Date / /

N°

Pays ou organisation

Date / /

N°

5 DEMANDEUR

Nom ou dénomination sociale

MICHELIN Recherche et Technique S.A.

Prénoms

Forme juridique

Société Anonyme

N° SIREN

Code APE-NAF

Adresse

Rue

Route Louis Braille 10 et 12

Code postal et ville

1763

GRANGES-PACCOT

Pays

SUISSE

Nationalité

Suisse

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

5 DEMANDEUR

Nom ou dénomination sociale

Prénoms

Forme juridique

N° SIREN

Code APE-NAF

Adresse

Rue

Code postal et ville

Pays

Nationalité

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE

(Nom et qualité du signataire)

Pour MFPM - Mandataire 422-5/S.020

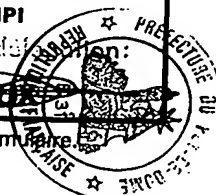
Joël RIBIERE - Salarié MFPM

VISA DE LA PRÉFECTURE
OU DE L'INPI

P/Le Préfet, et par délégation:

P. DUCREUX

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI



La présente invention est relative aux câbles d'acier ("*steel cords*") utilisables pour le renforcement d'articles en caoutchouc tels que des pneumatiques. Elle se rapporte plus particulièrement aux câbles dits "à couches" utilisables pour le renforcement de l'armature de sommet de pneumatiques radiaux.

Les câbles d'acier pour pneumatiques sont en règle générale constitués de fils en acier perlitique (ou ferrito-perlitique) au carbone, désigné ci-après "acier au carbone", dont la teneur en carbone est généralement comprise entre 0,2% et 1,2%, le diamètre de ces fils étant en général compris entre 0,10 et 0,50 mm (millimètre). On exige de ces fils une très haute résistance à la traction, en général supérieure à 2000 MPa, de préférence supérieure à 2500 MPa, obtenue grâce au durcissement structural intervenant lors de la phase d'écrouissage des fils. Ces fils sont ensuite assemblés sous forme de câbles ou torons, ce qui nécessite des aciers utilisés qu'ils aient aussi une ductilité en torsion suffisante pour supporter les diverses opérations de câblage.

Pour le renforcement des pneumatiques radiaux, on utilise le plus souvent aujourd'hui des câbles d'acier dits "à couches" ("*layered cords*") ou "multicouches" constitués d'une âme centrale et d'une ou plusieurs couches de fils concentriques disposées autour de cette âme. Ces câbles à couches sont préférés aux câbles plus anciens dits "à torons" ("*strand cords*") en raison d'une part d'un coût industriel plus bas, d'autre part d'une plus grande compacité permettant notamment de diminuer l'épaisseur des nappes caoutchoutées servant à la fabrication des pneumatiques. Parmi les câbles à couches, on distingue notamment, de manière connue, les câbles à structure compacte et les câbles à couches tubulaires ou cylindriques.

De tels câbles à couches, utilisables notamment pour le renforcement de pneumatiques radiaux, ont été décrits dans un très grand nombre de publications. On pourra se reporter notamment aux documents GB-A-2 080 845; US-A-3 922 841; US-A-4 158 946; US-A-4 488 587; EP-A-0 168 858; EP-A-0 176 139 ou US-A-4 651 513; EP-A-0 194 011; EP-A-0 260 556 ou US-A-4 756 151; US-A-4 781 016; EP-A-0 362 570; EP-A-0 497 612 ou US-A-5 285 836; EP-A-0 567 334 ou US-A-5 661 965; EP-A-0 568 271; EP-A-0 648 891; EP-A-0 661 402 ou US-A-5 561 974; EP-A-0 669 421 ou US-A-5 595 057; EP-A-0 675 223; EP-A-0 709 236 ou US-A-5 836 145; EP-A-0 719 889 ou US-A-5 697 204; EP-A-0 744 490 ou US-A-5 806 296; EP-A-0 779 390 ou US-A-5 802 829; EP-A-0 834 613 ou US-A-6 102 095; WO98/41682; RD (*Research Disclosure*) N°316107, août 1990, p. 681; RD N°34054, août 1992, pp. 624-33; RD N°34370, novembre 1992, pp. 857-59; RD N°34779, mars 1993, pp. 213-214; RD N°34984, mai 1993, pp. 333-344; RD N°36329, juillet 1994, pp. 359-365.

Parmi ces câbles à couches, ceux les plus répandus dans les armatures de sommet des pneumatiques radiaux sont essentiellement des câbles de formule $(M+N)$ ou $(M+N+P)$, les derniers étant généralement destinés aux plus gros pneumatiques. Ces câbles sont formés de manière connue d'une âme de M fil(s) entourée d'au moins une couche de N fils éventuellement elle-même entourée d'une couche externe de P fils, avec en général M variant de 1 à 4, N variant de 3 à 12, P variant de 8 à 20 le cas échéant, l'ensemble pouvant être éventuellement fretté par un fil de frette externe enroulé en hélice autour de la dernière couche.

Pour remplir leur fonction de renforcement des armatures de sommet des pneumatiques radiaux, les câbles à couches doivent tout d'abord présenter une rigidité élevée en compression, ce qui implique notamment que leurs fils, tout au moins pour la majorité d'entre eux, présentent un diamètre relativement élevé, en général au moins égal à 0,25 mm, plus élevé en particulier que celui des fils utilisés dans les câbles conventionnels pour les armatures de carcasse des pneumatiques.

Il est important d'autre part que ces câbles soient imprégnés autant que possible par le caoutchouc, que cette matière pénètre dans tous les espaces entre les fils constituant les câbles. En effet, si cette pénétration est insuffisante, il se forme alors des canaux vides, le long des câbles, et les agents corrosifs, par exemple l'eau, susceptibles de pénétrer dans les pneumatiques par exemple à la suite de coupures ou autres agressions du sommet du pneumatique, cheminent le long de ces canaux à travers l'armature de sommet du pneumatique. La présence de cette humidité joue un rôle important en provoquant de la corrosion et en accélérant les processus de fatigue (phénomènes dits de "fatigue-corrosion"), par rapport à une utilisation en atmosphère sèche.

Ainsi, afin d'améliorer l'endurance des câbles à couches dans les armatures de renforcement des pneumatiques, on a proposé depuis longtemps de modifier leur construction afin d'augmenter notamment leur pénétrabilité par le caoutchouc, et ainsi de limiter les risques dus à la corrosion et à la fatigue-corrosion.

Ont été par exemple proposés ou décrits des câbles à couches de construction (3+9) ou (3+9+15) constitués d'une âme de 3 fils entourée d'une première couche de 9 fils et le cas échéant d'une seconde couche de 15 fils, comme décrit par exemple dans EP-A-0 168 858, EP-A-0 176 139, EP-A-0 497 612, EP-A-0 568 271, EP-A-0 669 421, EP-A-0 709 236, EP-A-0 744 490, EP-A-0 779 390, EP-A-0 834 613, RD N°34984, mai 1993, pp. 333-344, le diamètre des fils de l'âme étant ou non supérieur à celui des fils des autres couches. Ces câbles, de manière connue, ne sont pas pénétrables jusqu'à cœur à cause de la présence d'un canal ou capillaire au centre des trois fils d'âme, qui reste vide après imprégnation par le caoutchouc, et donc propice à la propagation de milieux corrosifs tels que l'eau.

La publication RD N°34370 propose, pour résoudre ce problème, des câbles de structure [1+6+12], du type compacts ou du type à couches tubulaires concentriques, constitués d'une âme formée d'un seul fil, entourée d'une couche intermédiaire de 6 fils elle-même entourée d'une couche externe de 12 fils. La pénétrabilité par le caoutchouc peut être améliorée en utilisant des diamètres de fils différents d'une couche à l'autre, voire à l'intérieur d'une même couche. Des câbles de construction [1+6+12] dont la pénétrabilité est améliorée grâce à un choix approprié des diamètres des fils, notamment à l'utilisation d'un fil d'âme de plus gros diamètre, ont été également décrits, par exemple dans EP-A-0 648 891 ou WO98/41682.

Pour améliorer la pénétration du caoutchouc à l'intérieur des câbles, on a aussi proposé ou décrit des câbles multicouches avec une âme centrale entourée d'au moins deux couches concentriques, notamment des câbles de formule [1+N+P] (par exemple [1+4+P] ou [1+5+P]) voire [2+N+P] (par exemple [2+5+P]), dont la couche externe est insaturée (i.e., incomplète),

assurant ainsi une meilleure pénétrabilité par le caoutchouc (voir par exemple RD N°316107, août 1990, p. 681; EP-A-0 567 334 ou US-A-5 661 965; EP-A-0 661 402 ou US-A-5 561 974; EP-A-0 675 223).

- 5 L'expérience montre toutefois que ces câbles à pénétrabilité améliorée ne sont, pour la plupart, pas encore pénétrés jusqu'à coeur par le caoutchouc, et en tout cas ne procurent pas des performances optimales en pneumatique.

10 Il doit être noté en effet qu'une amélioration de la pénétrabilité par le caoutchouc n'est pas suffisante pour garantir un niveau de performance optimal. Lorsqu'ils sont utilisés pour le renforcement des armatures de sommet de pneumatiques, les câbles doivent certes résister à la corrosion mais aussi satisfaire un grand nombre d'autres critères, parfois contradictoires, en particulier de ténacité, adhésion élevée au caoutchouc, uniformité, flexibilité, résistance aux chocs et aux perforations, endurance en compression et en flexion-compression, le tout dans
15 une atmosphère plus ou moins corrosive.

Ainsi, pour toutes les raisons exposées précédemment, et malgré les différentes améliorations récentes qui ont pu être apportées ici ou là sur tel ou tel critère déterminé, les meilleurs câbles utilisés aujourd'hui dans les armatures de sommet des pneumatiques radiaux, destinés en
20 particulier aux véhicules Poids-lourds, restent limités à un petit nombre de câbles à couches de structure fort conventionnelle, du type compacts ou à couches cylindriques, avec une couche externe saturée (i.e., complète) ; il s'agit essentiellement des câbles de constructions [3+9] et surtout [3+9+15] tels que décrits précédemment.

25 Or, la Demanderesse a trouvé lors de ses recherches un câble à couches nouveau, du type [M+N+P] à couche externe insaturée (avec N égal à 4 ou 5), qui de manière inattendue améliore encore la performance globale des meilleurs câbles à couches connus pour le renforcement des armatures de sommet des pneumatiques radiaux. Ce câble de l'invention présente, grâce à une architecture spécifique, non seulement une excellente pénétrabilité par le
30 caoutchouc, limitant les problèmes de corrosion, mais encore des propriétés d'endurance en compression qui sont notablement améliorées par rapport aux câbles de l'art antérieur. La longévité des pneumatiques et celle de leurs armatures de sommet en sont ainsi très sensiblement améliorées.

35 En conséquence, un premier objet de l'invention est un câble multicouches à couche externe insaturée, utilisable comme élément de renforcement d'une armature de sommet de pneumatique, comportant une âme (notée C0) de diamètre d_0 , entourée d'une couche intermédiaire (notée C1) de quatre ou cinq fils ($N = 4$ ou 5) de diamètre d_1 enroulés ensemble en hélice selon un pas p_1 , cette couche C1 étant elle-même entourée d'une couche externe
40 (notée C2) de P fils de diamètre d_2 enroulés ensemble en hélice selon un pas p_2 , P étant inférieur de 1 à 3 au nombre maximal P_{\max} de fils enroulables en une couche autour de la couche C1, ce câble étant caractérisé en ce qu'il présente les caractéristiques suivantes (d_0 , d_1 , d_2 , p_1 et p_2 en mm):

- 45 - (i) $0,10 \leq d_0 < 0,50$;
- (ii) $0,25 \leq d_1 < 0,40$;

- (iii) $0,25 \leq d_2 < 0,40$;
- (iv) pour $N = 4$: $0,40 < (d_0 / d_1) < 0,80$;
pour $N = 5$: $0,70 < (d_0 / d_1) < 1,10$;
- (v) $4,8 \pi (d_0 + d_1) < p_1 < p_2 < 5,6 \pi (d_0 + 2d_1 + d_2)$;
- 5 - (vi) les fils des couches C1 et C2 sont enroulés dans le même sens de torsion.

10 L'invention concerne également l'utilisation d'un câble conforme à l'invention pour le renforcement d'articles ou de produits semi-finis en matière plastique et/ou en caoutchouc, par exemple des nappes, des tuyaux, des courroies, des bandes transporteuses, des pneumatiques, plus particulièrement des pneumatiques radiaux utilisant une armature de sommet métallique.

15 Le câble de l'invention est tout particulièrement destiné à être utilisé comme élément de renforcement des armatures de sommet de pneumatiques radiaux destinés à des véhicules industriels choisis parmi camionnettes, "Poids-lourds" - i.e., métro, bus, engins de transport routier (camions, tracteurs, remorques), véhicules hors-la-route - , engins agricoles ou de génie civil, avions, autres véhicules de transport ou de manutention.

20 L'invention concerne en outre ces articles ou produits semi-finis en matière plastique et/ou en caoutchouc eux-mêmes lorsqu'ils sont renforcés par un câble conforme à l'invention, en particulier les pneumatiques destinés aux véhicules cités ci-dessus, ainsi que les tissus composites comportant une matrice de composition de caoutchouc renforcée d'un câble selon l'invention, utilisables notamment comme nappe d'armature de sommet de tels pneumatiques.

25 L'invention ainsi que ses avantages seront aisément compris à la lumière de la description et des exemples de réalisation qui suivent, ainsi que des figures 1 et 2 relatives à ces exemples qui schématisent, respectivement:

- une coupe transversale d'un câble de structure [1+5+10] conforme à l'invention (figure 1);
- 30 - une coupe radiale d'une enveloppe de pneumatique radial à armature de sommet métallique (figure 2).

I. MESURES ET TESTS

35 I-1. Mesures dynamométriques

En ce qui concerne les fils ou câbles métalliques, les mesures de force à la rupture notée F_m (charge maximale en N), de résistance à la rupture notée R_m (en MPa) et d'allongement à la rupture noté A_t (allongement total en %) sont effectuées en traction selon la norme ISO 6892
40 de 1984. En ce qui concerne les compositions de caoutchouc, les mesures de module sont effectuées en traction selon la norme française NF T 46-002 de septembre 1988 : on mesure en seconde élongation (i.e., après un cycle d'accommodation) le module sécant nominal (ou contrainte de traction) à 10% d'allongement noté MA_{10} , exprimé en MPa, selon des conditions normales de température ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) et d'hygrométrie (50 ± 5 humidité relative)
45 (norme NF T 40-101 de décembre 1979).

I-2. Test de perméabilité à l'air

Le test de perméabilité à l'air permet de mesurer un indice relatif de perméabilité à l'air noté "Pa". Il constitue un moyen simple de mesure indirecte du taux de pénétration du câble par une composition de caoutchouc. Il est réalisé sur des câbles extraits directement, par décorticage, des nappes de caoutchouc vulcanisées qu'ils renforcent, donc pénétrés par le caoutchouc cuit.

Le test est réalisé sur une longueur de câble déterminée (par exemple 2 cm) de la manière suivante: on envoie de l'air à l'entrée du câble, sous une pression donnée (par exemple 1 bar), et on mesure la quantité d'air à la sortie, à l'aide d'un débitmètre ; pendant la mesure l'échantillon de câble est bloqué dans un joint étanche de telle manière que seule la quantité d'air traversant le câble d'une extrémité à l'autre, selon son axe longitudinal, est prise en compte par la mesure. Le débit mesuré est d'autant plus faible que le taux de pénétration du câble par le caoutchouc est élevé.

II. DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

II-1. Câble de l'invention

Les termes "formule" ou "structure", lorsqu'ils sont utilisés dans la présente description pour décrire les câbles, se réfèrent simplement à la construction de ces câbles.

Le câble de l'invention est un câble multicouches comportant une âme (C0) de diamètre d_0 , une couche intermédiaire (C1) de 4 ou 5 fils ($N = 4$ ou 5) de diamètre d_1 et une couche externe insaturée (C2) de P fils de diamètre d_2 , P étant inférieur de 1 à 3 au nombre maximal P_{\max} de fils enroulables en une couche unique autour de la couche C1.

Dans ce câble à couches de l'invention, le diamètre de l'âme et celui des fils des couches C1 et C2, les pas d'hélice (donc les angles) et les sens d'enroulement des différentes couches sont définies par l'ensemble des caractéristiques ci-après (d_0 , d_1 , d_2 , p_1 et p_2 exprimés en mm):

- (i) $0,10 \leq d_0 < 0,50$;
- (ii) $0,25 \leq d_1 < 0,40$;
- (iii) $0,25 \leq d_2 < 0,40$;
- (iv) pour $N = 4$: $0,40 < (d_0 / d_1) < 0,80$;
pour $N = 5$: $0,70 < (d_0 / d_1) < 1,10$;
- (v) $4,8 \pi (d_0 + d_1) < p_1 < p_2 < 5,6 \pi (d_0 + 2d_1 + d_2)$;
- (vi) les fils des couches C1 et C2 sont enroulés dans le même sens de torsion.

Les caractéristiques (i) à (vi) ci-dessus, en combinaison, permettent d'obtenir à la fois:

- grâce à une optimisation du rapport des diamètres (d_0 / d_1) et des angles d'hélice que forment les fils des couches C1 et C2, une pénétration optimale du caoutchouc à travers les

couches C1 et C2 et jusqu'au coeur C0 de ce dernier, assurant une très haute protection contre la corrosion et son éventuelle propagation;

- une désorganisation minimale du câble sous sollicitation en forte flexion, ne nécessitant notamment pas la présence d'un fil de frette autour de la dernière couche;
- 5 - une endurance élevée en flexion et flexion-compression.

Afin de renforcer encore les effets techniques ci-dessus, le câble de l'invention, en particulier lorsqu'il est dépourvu d'un fil de frette externe, vérifie de préférence la caractéristique (vii) ci-après:

10

$$(vii) \quad 5,0 \pi (d_0 + d_1) < p_1 < p_2 < 5,0 \pi (d_0 + 2d_1 + d_2) .$$

15

Les caractéristiques (v) et (vi) - pas p_1 et p_2 différents et couches C1 et C2 enroulés dans le même sens de torsion - font que, de manière connue, les fils des couches C1 et C2 sont essentiellement disposés selon deux couches cylindriques (i.e. tubulaires), adjacentes et concentriques. Par câbles à couches dites "tubulaires" ou "cylindriques", on entend ainsi des câbles constitués d'une âme (i.e., noyau ou partie centrale) et d'une ou plusieurs couches concentriques, chacune de forme tubulaire, disposée(s) autour de cette âme, de telle manière que, au moins dans le câble au repos, l'épaisseur de chaque couche est sensiblement égale au diamètre des fils qui la constituent ; il en résulte que la section transversale du câble a un contour ou enveloppe (notée E) qui est sensiblement circulaire, comme illustré par exemple sur la figure 1.

20

25

Les câbles à couches cylindriques ou tubulaires de l'invention ne doivent en particulier pas être confondus avec des câbles à couches dits "compacts", assemblages de fils enroulés au même pas et dans la même direction de torsion ; dans de tels câbles, la compacité est telle que pratiquement aucune couche distincte de fils n'est visible ; il en résulte que la section transversale de tels câbles a un contour qui n'est plus circulaire, mais polygonal.

30

35

La couche externe C2 est une couche tubulaire de P fils dite "insaturée" ou "incomplète", c'est-à-dire que, par définition, il existe suffisamment de place dans cette couche tubulaire C2 pour y ajouter au moins un $(P+1)$ ème fil de diamètre d_2 , plusieurs des P fils se trouvant éventuellement au contact les uns des autres. Réciproquement, cette couche tubulaire C2 serait qualifiée de "saturée" ou "complète" s'il n'existait pas suffisamment de place dans cette couche pour y ajouter au moins un $(P+1)$ ème fil de diamètre d_2 .

40

De préférence, le câble de l'invention est un câble à couches de construction notée $[1+N+P]$, c'est-à-dire que son âme est constituée d'un seul fil $(M+1)$, tel que représenté par exemple à la figure 1 (câble noté C-I).

45

Cette figure 1 schématise une coupe perpendiculaire à l'axe (noté O) de l'âme et du câble, le câble étant supposé rectiligne et au repos. On voit que l'âme C0 (diamètre d_0) est formée d'un fil unique ; elle est entourée et au contact d'une couche intermédiaire C1 de 5 fils de diamètre d_1 enroulés ensemble en hélice selon un pas p_1 ; cette couche C1, d'épaisseur sensiblement égale à d_1 , est elle-même entourée et au contact d'une couche externe C2 de 10 fils de diamètre d_2 enroulés ensemble en hélice selon un pas p_2 , et donc d'épaisseur sensiblement égale à d_2 .

Les fils enroulés autour de l'âme C0 sont ainsi disposés selon deux couches adjacentes et concentriques, tubulaires (couche C1 d'épaisseur sensiblement égale à d_1 , puis couche C2 d'épaisseur sensiblement égale à d_2). On voit que les fils de la couche C1 ont leurs axes (notés O_1) disposés pratiquement sur un premier cercle C_1 représenté en pointillés, tandis que les fils de la couche C2 ont leurs axes (notés O_2) disposés pratiquement sur un second cercle C_2 , représenté également en pointillés.

Le diamètre d_0 de l'âme est de préférence compris dans un domaine de 0,15 à 0,30 mm, plus particulièrement de 0,15 à 0,20 mm dans le cas d'un câble de structure $[M+4+P]$, de 0,20 à 0,30 mm dans le cas d'un câble de structure $[M+5+P]$, avec notamment M égal à 1.

Le meilleur compromis de résultats, vis-à-vis en particulier de la pénétrabilité du câble par le caoutchouc et des propriétés d'endurance en compression, est obtenu lorsque la relation suivante est vérifiée:

$$(viii) \quad 5,3 \pi (d_0 + d_1) < p_1 < p_2 < 4,7 \pi (d_0 + 2d_1 + d_2) .$$

En décalant ainsi les pas et donc les angles de contact entre les fils de la couche C1 d'une part, et ceux de la couche C2 d'autre part, on augmente la surface des canaux de pénétration entre ces deux couches et on améliore encore la pénétrabilité du câble, tout en optimisant ses performances en fatigue-corrosion et en compression.

On rappelle ici que, selon une définition connue, le pas représente la longueur, mesurée parallèlement à l'axe O du câble, au bout de laquelle un fil ayant ce pas effectue un tour complet autour de l'axe O du câble ; ainsi, si l'on sectionne l'axe O par deux plans perpendiculaires à l'axe O et séparés par une longueur égale au pas d'un fil d'une des deux couches C1 ou C2, l'axe de ce fil (O_1 ou O_2) a dans ces deux plans la même position sur les deux cercles correspondant à la couche C1 ou C2 du fil considéré.

Dans le câble conforme à l'invention, tous les fils des couches C1 et C2 sont enroulés dans le même sens de torsion, c'est-à-dire soit dans la direction S (disposition notée "S/S"), soit dans la direction Z (disposition notée "Z/Z"). Une telle disposition des couches C1 et C2 est plutôt contraire aux constructions les plus classiques des câbles à couches $[M+N+P]$, notamment ceux de construction $[3+9+15]$, qui nécessitent le plus souvent un croisement des deux couches C1 et C2 (soit une disposition "S/Z" ou "Z/S") afin que les fils de la couche C2 viennent eux-mêmes frotter les fils de la couche C1.

L'enroulement dans le même sens des couches C1 et C2 permet avantageusement, dans le câble conforme à l'invention, de minimiser les frottements entre ces deux couches C1 et C2 et donc l'usure des fils qui les constituent.

Dans le câble de l'invention, les rapports (d_0/d_1) doivent être fixés dans des limites déterminées, selon le nombre N (4 ou 5) de fils de la couche C1. Une valeur trop faible de ce rapport est préjudiciable à la pénétrabilité par le caoutchouc. Une valeur trop élevée nuit à la compacité du câble, pour un niveau de résistance en définitive peu modifié ; la rigidité accrue

de l'âme due à un diamètre d_0 trop élevé serait par ailleurs préjudiciable à la faisabilité elle-même du câble, lors des opérations de câblage.

Les fils des couches C1 et C2 peuvent avoir un diamètre identique ou différent d'une couche à l'autre. On utilise de préférence des fils de même diamètre ($d_1=d_2$), notamment pour simplifier le procédé de câblage et abaisser les coûts, comme représenté par exemple sur la figure 1.

Le nombre maximal P_{\max} de fils enroulables en une couche unique saturée autour de la couche C1 est bien entendu fonction de nombreux paramètres (diamètre d_0 de l'âme, nombre N et diamètre d_1 des fils de la couche C1, diamètre d_2 des fils de la couche C2). A titre d'exemple, si P_{\max} est égal à 12, P peut alors varier de 9 à 11 (par exemple constructions $[1+N+9]$, $[1+N+10]$ ou $[1+N+11]$) ; si P_{\max} est par exemple égal à 11, P peut alors varier de 8 à 10 (par exemple constructions $[1+N+8]$, $[1+N+9]$ ou $[1+N+10]$).

De préférence, le nombre P de fils dans la couche C2 est inférieur de 1 à 2 au nombre maximal P_{\max} . Ceci permet dans la plupart des cas d'aménager un espace suffisant entre les fils pour que les compositions de caoutchouc puissent s'infiltrer entre les fils de la couche C2 et atteindre la couche C1. L'invention est ainsi de préférence mise en oeuvre avec un câble choisi parmi les câbles de structure $[1+4+8]$, $[1+4+9]$, $[1+4+10]$, $[1+5+9]$, $[1+5+10]$ et $[1+5+11]$.

A titre d'exemples de câbles préférentiels conformes à l'invention, on citera notamment les câbles ayant les constructions suivantes (et parmi eux, ceux vérifiant plus préférentiellement au moins une des relations (vii) et (viii) précitées):

- $[1+4+8]$ avec $d_0 = 0,20$ mm et $d_1 = d_2 = 0,35$ mm ; $8,3$ mm $< p_1 < p_2 < 22,0$ mm ;
- $[1+4+8]$ avec $d_0 = 0,20$ mm et $d_1 = d_2 = 0,38$ mm ; $8,7$ mm $< p_1 < p_2 < 23,6$ mm ;
- $[1+4+9]$ avec $d_0 = 0,20$ mm et $d_1 = d_2 = 0,26$ mm ; $6,9$ mm $< p_1 < p_2 < 17,2$ mm ;
- $[1+4+9]$ avec $d_0 = 0,15$ mm et $d_1 = d_2 = 0,30$ mm ; $6,8$ mm $< p_1 < p_2 < 18,5$ mm ;
- $[1+4+10]$ avec $d_0 = 0,20$ mm et $d_1 = d_2 = 0,28$ mm ; $7,2$ mm $< p_1 < p_2 < 18,3$ mm ;
- $[1+4+10]$ avec $d_0 = 0,15$ mm et $d_1 = d_2 = 0,26$ mm ; $6,2$ mm $< p_1 < p_2 < 16,4$ mm ;
- $[1+5+9]$ avec $d_0 = 0,20$ mm et $d_1 = d_2 = 0,26$ mm ; $6,9$ mm $< p_1 < p_2 < 17,2$ mm ;
- $[1+5+9]$ avec $d_0 = d_1 = 0,26$ mm ; $d_2 = 0,30$ mm ; $7,8$ mm $< p_1 < p_2 < 19,0$ mm ;
- $[1+5+10]$ avec $d_0 = d_2 = 0,26$ mm et $d_1 = 0,28$ mm ; $8,1$ mm $< p_1 < p_2 < 19,0$ mm ;
- $[1+5+10]$ avec $d_0 = 0,28$ mm et $d_1 = d_2 = 0,30$ mm ; $8,7$ mm $< p_1 < p_2 < 20,8$ mm ;
- $[1+5+11]$ avec $d_0 = d_1 = d_2 = 0,26$ mm ; $7,8$ mm $< p_1 < p_2 < 18,3$ mm ;
- $[1+5+11]$ avec $d_0 = 0,28$ mm et $d_1 = d_2 = 0,26$ mm ; $8,1$ mm $< p_1 < p_2 < 18,6$ mm ;

On notera que, dans ces câbles, au moins deux couches sur trois (C0, C1, C2) contiennent des fils de diamètres (respectivement d_0 , d_1 , d_2) identiques.

L'invention est préférentiellement mise en oeuvre, dans les armatures de sommet des pneumatiques Poids-lourd, avec des câbles de structure $[1+5+P]$, plus préférentiellement de structure $[1+5+9]$, $[1+5+10]$ ou $[1+5+11]$. Plus préférentiellement encore, on utilise des câbles de structure $[1+5+10]$ ou $[1+5+11]$.

Pour de tels câbles [1+5+P], un mode avantageux de réalisation de l'invention consiste à utiliser des fils de même diamètre pour l'âme et au moins une des couches C1 et C2, voire pour les deux couches (dans ce cas, $d_0 = d_1 = d_2$), comme représenté par exemple à la figure 1.

- 5 Toutefois, pour augmenter encore la pénétrabilité du câble par le caoutchouc, les fils de la couche C1 peuvent être choisis de diamètre supérieur à ceux de la couche C2, par exemple dans un rapport (d_1/d_2) préférentiellement compris entre 1,05 et 1,30.

- 10 Pour un meilleur compromis entre résistance, faisabilité, rigidité et tenue en compression du câble, d'une part, pénétrabilité par les compositions de caoutchouc d'autre part, on préfère que les diamètres des fils des couches C1 et C2, que ces fils aient un diamètre identique ou non, soient compris dans un domaine de 0,25 à 0,35 mm.

- 15 Dans un tel cas, en particulier lorsque $d_1=d_2$, les pas p_1 et p_2 sont choisis de préférence compris entre 7 et 21 mm, tout en vérifiant plus préférentiellement au moins l'une des relation (vii) ou (viii) précitées. Un mode de réalisation avantageux consiste par exemple à choisir p_1 compris entre 7 et 14 mm et p_2 compris entre 14 et 21 mm.

- 20 L'invention peut être mise en oeuvre avec tout type de fils en acier, par exemple des fils en acier au carbone et/ou des fils en acier inoxydable tels que décrits par exemple dans les demandes EP-A-0 648 891 ou WO98/41682 précitées. On utilise de préférence un acier au carbone, mais il est bien entendu possible d'utiliser d'autres aciers ou d'autres alliages.

- 25 Lorsqu'un acier au carbone est utilisé, sa teneur en carbone (% en poids d'acier) est de préférence comprise entre 0,50% et 1,0%, plus préférentiellement entre 0,68% et 0,95% ; ces teneurs représentent un bon compromis entre les propriétés mécaniques requises pour le pneumatique et la faisabilité du fil. Il est à noter que dans les applications où les plus hautes résistances mécaniques ne sont pas nécessaires, on pourra utiliser avantageusement des aciers au carbone dont la teneur en carbone est comprise entre 0,50% et 0,68%, notamment varie de
30 0,55% à 0,60%, de tels aciers étant finalement moins coûteux car plus faciles à tréfiler. Un autre mode avantageux de réalisation de l'invention peut consister aussi, selon les applications visées, à utiliser des aciers à faible teneur en carbone, comprise par exemple entre 0,2% et 0,5%, en raison notamment d'un coût plus bas et d'une plus grande facilité de tréfilage.

- 35 Les fils constitutifs des câbles de l'invention ont de préférence une résistance en traction supérieure à 2000 MPa, plus préférentiellement supérieure à 3000 MPa. Dans le cas de pneumatiques de très grosses dimensions, on choisira notamment des fils dont la résistance en traction est comprise entre 3000 MPa et 4000 MPa. L'homme du métier sait comment fabriquer des fils d'acier au carbone présentant une telle résistance, en ajustant notamment la
40 teneur en carbone de l'acier et les taux d'écrouissage final (ϵ) de ces fils.

- Le câble de l'invention pourrait comporter une frette externe, constituée par exemple d'un fil unique, métallique ou non, enroulé en hélice autour du câble selon un pas plus court que celui de la couche externe, et un sens d'enroulement opposé ou identique à celui de cette couche
45 externe.

Cependant, grâce à sa structure spécifique, le câble de l'invention, déjà auto-fretté, ne nécessite généralement pas l'emploi d'un fil de frette externe, ce qui d'une part résout avantageusement les problèmes d'usure entre la frette et les fils de la couche la plus externe du câble, d'autre part permet de diminuer le diamètre d'encombrement et le coût du câble.

5

Toutefois, si un fil de frette est utilisé, dans le cas général où les fils de la couche C2 sont en acier au carbone, on pourra alors avantageusement choisir un fil de frette en acier inoxydable afin de réduire l'usure par fretting de ces fils en acier au carbone au contact de la frette en acier inoxydable, comme enseigné par la demande WO98/41682 précitée, le fil en acier inoxydable pouvant être éventuellement remplacé, de manière équivalente, par un fil composite dont seule la peau est en acier inoxydable et le cœur en acier au carbone, tel que décrit par exemple dans la demande de brevet EP-A-0 976 541.

10

II-2. Pneumatique de l'invention

15

Le câble de l'invention est avantageusement utilisable dans les armatures de sommet de tous types de pneumatiques, en particulier de pneumatiques pour grosses camionnettes, véhicules Poids-lourd ou de génie civil.

20

25

30

A titre d'exemple, la figure 2 représente de manière schématique une coupe radiale d'un pneumatique à armature de sommet métallique pouvant être conforme ou non à l'invention, dans cette représentation générale. Ce pneumatique 1 comporte un sommet 2 renforcé par une armature de sommet 6, deux flancs 3 et deux bourrelets 4, chacun de ces bourrelets 4 étant renforcé avec une tringle 5. Le sommet 2 est surmonté d'une bande de roulement non représentée sur cette figure schématique. Une armature de carcasse 7 est enroulée autour des deux tringles 5 dans chaque bourrelet 4, le retournement 8 de cette armature 7 étant par exemple disposé vers l'extérieur du pneumatique 1 qui est ici représenté monté sur sa jante 9. L'armature de carcasse 7 est de manière connue en soi constituée d'au moins une nappe renforcée par des câbles dits "radiaux", c'est-à-dire que ces câbles sont disposés pratiquement parallèles les uns aux autres et s'étendent d'un bourrelet à l'autre de manière à former un angle compris entre 80° et 90° avec le plan circonférentiel médian (plan perpendiculaire à l'axe de rotation du pneumatique qui est situé à mi-distance des deux bourrelets 4 et passe par le milieu de l'armature de sommet 6).

35

40

Le pneumatique conforme à l'invention est caractérisé en ce que son armature de sommet 6 comporte au moins une nappe de sommet dont les câbles de renforcement sont des câbles d'acier multicouches conformes à l'invention. Dans cette armature de sommet 6 schématisée de manière très simple sur la figure 2, on comprendra que les câbles de l'invention peuvent par exemple renforcer tout ou partie des nappes sommet dites de travail, ou des nappes (ou demi-nappes) sommet dites de triangulation et/ou des nappes sommet dites de protection, lorsque de telles nappes sommet de triangulation ou de protection sont utilisées. Outre les nappes de travail, celles de triangulation et/ou de protection, l'armature de sommet 6 du pneumatique de l'invention peut bien entendu comporter d'autres nappes sommet, par exemple une ou plusieurs nappes sommet dites de frettage.

45

Dans cette nappe d'armature de sommet, la densité des câbles conformes à l'invention est de préférence comprise entre 20 et 70 câbles par dm (décimètre) de nappe sommet, plus préférentiellement entre 30 et 60 câbles par dm de nappe, la distance entre deux câbles adjacents, d'axe en axe, étant ainsi de préférence comprise entre 1,4 et 5,0 mm, plus
 5 préférentiellement comprise entre 1,7 et 3,3 mm. Les câbles conformes à l'invention sont de préférence disposés de telle manière que la largeur (notée " ℓ ") du pont de caoutchouc, entre deux câbles adjacents, est comprise entre 0,5 et 2,0 mm. Cette largeur ℓ représente de manière connue la différence entre le pas de calandrage (pas de pose du câble dans le tissu de caoutchouc) et le diamètre du câble. En dessous de la valeur minimale indiquée, le pont de
 10 caoutchouc, trop étroit, risque de se dégrader mécaniquement lors du travail de la nappe, notamment au cours des déformations subies dans son propre plan par extension ou cisaillement. Au-delà du maximum indiqué, on s'expose à des risques d'apparition de pénétration d'objets, par perforation, entre les câbles. Plus préférentiellement, pour ces mêmes raisons, la largeur ℓ est choisie comprise entre 0,8 et 1,6 mm.

De préférence, la composition de caoutchouc utilisée pour le tissu de la nappe d'armature de sommet présente, à l'état vulcanisé (i.e., après cuisson), un module sécant en extension MA10 qui est supérieur à 5 MPa. Plus préférentiellement, le module MA10 est compris entre 5 et 20 Mpa, en particulier entre 5 et 10 MPa lorsque ce tissu est destiné à former une nappe de
 20 triangulation ou de protection de l'armature de sommet, entre 8 et 20 MPa lorsque ce tissu est destiné à former une nappe de travail de l'armature de sommet. C'est dans de tels domaines de modules que l'on a enregistré le meilleur compromis d'endurance entre les câbles de l'invention d'une part, les tissus renforcés de ces câbles d'autre part.

III. EXEMPLES DE REALISATION DE L'INVENTION

III-1. Nature et propriétés des fils utilisés

30 Pour la réalisation des exemples de câbles conformes ou non conformes à l'invention, on utilise des fils fins en acier au carbone préparés selon des méthodes connues telles que décrites par exemple dans les demandes EP-A-0 648 891 ou WO98/41682 précitées, en partant de fils commerciaux dont le diamètre initial est d'environ 1,75 mm. L'acier utilisé est un acier au carbone connu dont la teneur en carbone est de 0,9% environ.

35 Les fils commerciaux de départ subissent d'abord un traitement connu de dégraissage et/ou décapage avant leur mise en oeuvre ultérieure. A ce stade, leur résistance à la rupture est égale à environ 1150 MPa, leur allongement à la rupture est d'environ 10%. On effectue ensuite sur chaque fil un dépôt de cuivre, puis un dépôt de zinc, par voie électrolytique à la température
 40 ambiante, et on chauffe ensuite thermiquement par effet Joule à 540°C pour obtenir du laiton par diffusion du cuivre et du zinc, le rapport pondéral (phase α) / (phase α + phase β) étant égal à environ 0,85. Aucun traitement thermique n'est effectué sur le fil après l'obtention du revêtement de laiton.

45 On effectue alors sur chaque fil un écrouissage dit "final" (i.e. après le dernier traitement thermique), par tréfilage à froid en milieu humide avec un lubrifiant de tréfilage qui se

présente sous forme d'une émulsion dans de l'eau. Ce tréfilage humide est effectué de manière connue afin d'obtenir le taux d'écrouissage final (noté ϵ) calculé à partir du diamètre initial indiqué précédemment pour les fils commerciaux de départ.

- 5 Par définition, le taux d'un écrouissage noté ϵ est donné par la formule $\epsilon = \ln(S_i / S_f)$, dans laquelle \ln est le logarithme népérien, S_i représente la section initiale du fil avant cet écrouissage et S_f la section finale du fil après cet écrouissage.

- 10 En jouant sur le taux d'écrouissage final, on prépare ainsi deux groupes de fils de diamètres différents, un premier groupe de fils de diamètre moyen ϕ égal à environ 0,26 mm ($\epsilon = 3,8$) pour les fils d'indice 1 (fils notés F1) et un second groupe de fils de diamètre moyen ϕ égal à environ 0,28 mm ($\epsilon = 3,7$) pour les fils d'indice 2 (fils notés F2).

Les fils en acier ainsi tréfilés ont les propriétés mécaniques indiquées dans le tableau 1.

15

Tableau 1

Fils	ϕ (mm)	Fm (N)	At (%)	Rm (MPa)
F1	0,260	188	2.0	3550
F2	0,280	194	2.0	3150

- 20 L'allongement At indiqué pour les fils est l'allongement total enregistré à la rupture du fil, c'est-à-dire intégrant à la fois la partie élastique de l'allongement (loi de Hooke) et la partie plastique de l'allongement.

- 25 Le revêtement de laiton qui entoure les fils a une épaisseur très faible, nettement inférieure au micromètre, par exemple de l'ordre de 0,15 à 0,30 μm , ce qui est négligeable par rapport au diamètre des fils en acier. Bien entendu, la composition de l'acier du fil en ses différents éléments (par exemple C, Mn, Si) est la même que celle de l'acier du fil de départ.

- 30 On rappelle que lors du procédé de fabrication des fils, le revêtement de laiton facilite le tréfilage du fil, ainsi que le collage du fil avec le caoutchouc. Bien entendu, les fils pourraient être recouverts d'une fine couche métallique autre que du laiton, ayant par exemple pour fonction d'améliorer la résistance à la corrosion de ces fils et/ou leur adhésion au caoutchouc, par exemple une fine couche de Co, Ni, Zn, Al, d'un alliage de deux ou plus des composés Cu, Zn, Al, Ni, Co, Sn.

35 III-2. Réalisation des câbles

- 40 Les fils précédents sont ensuite assemblés sous forme de câbles à couches de structure [1+5+10]. Ces câbles sont fabriqués avec des dispositifs de câblage (câbleuse Barnag) et selon des procédés bien connus de l'homme du métier qui ne sont pas décrits ici pour la simplicité de l'exposé. En raison de pas p_1 et p_2 différents, ils sont réalisés en deux opérations successives (fabrication d'un câble [1+5] puis câblage de la dernière couche autour de ce câble [1+5]), ces deux opérations pouvant avantageusement être réalisées en ligne à l'aide de deux câbleuses disposées en série.

Ces câbles conformes à l'invention présentent les caractéristiques suivantes:

- structure [1+5+10]
- $d_0 = d_2 = 0,26$;
- $d_1 = 0,28$;
- $(d_0 / d_1) = 0,93$;
- $(d_1 / d_2) = 1,08$;
- $p_1 = 10$ (S) ; $p_2 = 15$ (S) .

Les fils F2 des couches C1 et C2 sont enroulés dans le même sens de torsion (direction S). Le câble testé est dépourvu de frette et a un diamètre d'environ 1,34 mm. L'âme de ce câble a un diamètre d_0 égal à celui de son fil unique, pratiquement dépourvu de torsion sur lui-même.

Le câble de l'invention exemplifié ici est un câble à couches tubulaires tel que schématisé en coupe transversale sur la figure 1, déjà commentée précédemment. Il se distingue des câbles de l'art antérieur notamment par le fait que sa couche externe C2 comporte deux fils en moins qu'un câble conventionnel saturé et que ses pas p_1 et p_2 sont différents tout en vérifiant par ailleurs la relation (v) précitée. En d'autres termes, dans ce câble, P est inférieur de 2 au nombre maximal (ici $P_{\max} = 12$) de fils enroulables en une couche unique saturée autour de la couche C1. Pour augmenter encore sa pénétrabilité par le caoutchouc, les fils de la couche C1 ont été choisis de diamètre supérieur à ceux de la couche C2 dans un rapport (d_1/d_2) préférentiel compris entre 1,05 et 1,15.

On note que ce câble de l'invention ($N = 5$) vérifie bien les caractéristiques suivantes:

- (i) $0,10 \leq d_0 < 0,50$;
- (ii) $0,25 \leq d_1 < 0,40$;
- (iii) $0,25 \leq d_2 < 0,40$;
- (iv) $0,70 < (d_0 / d_1) < 1,10$;
- (v) $4,8 \pi (d_0 + d_1) < p_1 < p_2 < 5,6 \pi (d_0 + 2d_1 + d_2)$;
- (vi) les fils des couches C1 et C2 sont enroulés dans le même sens de torsion.

Ce câble C-I vérifie en outre chacune des relations préférentielles suivantes:

- $0,20 \leq d_0 \leq 0,30$;
- $0,25 \leq d_1 \leq 0,35$;
- $0,25 \leq d_2 \leq 0,35$;
- $5,0 \pi (d_0 + d_1) < p_1 < p_2 < 5,0 \pi (d_0 + 2d_1 + d_2)$;

Les propriétés mécaniques de ce câble sont indiquées dans le tableau 2 ci-après.

Tableau 2

Fm (N)	At (%)	Rm (MPa)
2827	3.1	3107

L'allongement A_t indiqué pour le câble est l'allongement total enregistré à la rupture du câble, c'est-à-dire intégrant à la fois la partie élastique de l'allongement (loi de Hooke), la partie plastique de l'allongement et la partie dite structurale de l'allongement inhérente à la géométrie spécifique du câble testé.

III-3. Réalisation des pneumatiques

Pour la fabrication des pneumatiques de l'invention, on procède de la manière suivante.

- 10 Les câbles à couches précédents sont incorporés par calandrage à un tissu caoutchouté formé d'une composition connue à base de caoutchouc naturel et de noir de carbone à titre de charge renforçante, utilisée conventionnellement pour la fabrication des nappes d'armature de sommet pour pneumatiques radiaux (module MA10 égal à 18 MPa environ, après cuisson).
- 15 Cette composition comporte essentiellement, en plus de l'élastomère et de la charge renforçante, un antioxydant, de l'acide stéarique, une résine renforçante (résine phénolique plus donneur de méthylène), du naphthénate de cobalt en tant que promoteur d'adhésion, enfin un système de vulcanisation (soufre, accélérateur, ZnO). Dans le tissu de caoutchouc, les câbles sont disposés parallèlement de manière connue, selon une densité de câbles déterminée,
- 20 par exemple de 40 câbles par dm de nappe, ce qui, compte tenu du diamètre des câbles, équivaut à une largeur " ℓ " des ponts de caoutchouc, entre deux câbles adjacents, comprise dans un domaine particulièrement préférentiel de 1,0 à 1,4 mm (dans le cas présent, environ 1,16 mm).
- 25 Les pneumatiques, fabriqués de manière connue, sont tels que schématisés sur la figure 2, déjà commentée. Leur armature de carcasse radiale 7 est par exemple constituée d'une seule nappe radiale formé d'un tissu caoutchouté conventionnel comportant des câbles métalliques conventionnels disposés selon un angle d'environ 90° avec le plan circonférentiel médian.
- 30 Quant à l'armature de sommet 6, elle est constituée de (i) deux nappes de travail superposées croisées, renforcées de câbles métalliques inclinés de 22 degrés, ces deux nappes de travail étant recouvertes par (ii) une nappe sommet de protection renforcée de câbles métalliques élastiques conventionnels inclinés de 22 degrés. Chacune des deux nappes de travail est formée du tissu caoutchouté selon l'invention.

35

En résumé, les câbles de l'invention permettent de réduire de manière notable les phénomènes de corrosion et de fatigue-corrosion, notamment dans des conditions de fatigue sous compression, en particulier dans les armatures de sommet des pneumatiques radiaux, et

40 d'améliorer ainsi la longévité de telles armatures de sommet.

Leur construction spécifique rend possible, lors du moulage et/ou de la cuisson des pneumatiques, une migration quasiment complète du caoutchouc à l'intérieur de câble, jusqu'au coeur de ce dernier, sans formation de canaux vides. Le câble, ainsi rendu

45 imperméable par le caoutchouc, se trouve protégé des flux d'oxygène et d'humidité qui transitent par exemple depuis la bande de roulement des pneumatiques vers les zones de

l'armature de sommet, où le câble de manière connue est soumis aux agressions externes les plus fréquentes.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation précédemment décrits.

5

C'est ainsi par exemple que l'âme C0 des câbles de l'invention pourrait être constituée d'un fil à section non circulaire, par exemple déformé plastiquement, notamment un fil de section sensiblement ovale ou polygonale, par exemple triangulaire, carrée ou encore rectangulaire ; l'âme C0 pourrait aussi être constituée d'un fil préformé, de section circulaire ou non, par exemple un fil ondulé, vrillé, tordu en forme d'hélice ou en zig-zag. Dans de tels cas, il faut bien sûr comprendre que le diamètre d_0 de l'âme représente le diamètre du cylindre de révolution imaginaire qui entoure le fil d'âme (diamètre d'encombrement), et non plus le diamètre (ou toute autre taille transversale, si sa section n'est pas circulaire) du fil d'âme lui-même. Il en serait de même si l'âme C0 était formée non pas d'un seul fil comme dans les exemples précédents, mais de plusieurs fils assemblés entre eux, par exemple de deux fils disposés parallèlement l'un à l'autre ou bien tordus ensemble, dans une direction de torsion identique ou non à celle de la couche intermédiaire C1.

Pour des raisons de faisabilité industrielle, de coût et de performance globale, on préfère toutefois mettre en oeuvre l'invention avec un seul fil d'âme linéaire conventionnel, de section circulaire.

D'autre part, le fil d'âme étant moins sollicité lors de l'opération de câblage que les autres fils, compte tenu de sa position dans le câble, il n'est pas nécessaire pour ce fil d'employer par exemple des compositions d'acier offrant une ductilité en torsion élevée ; on pourra avantageusement utiliser tout type d'acier, par exemple un acier inoxydable, afin d'aboutir par exemple à un câble d'acier hybride tel que décrit dans la demande WO98/41682 précitée, comportant un fil en acier inoxydable au centre et des fils en acier au carbone autour.

En outre, un (au moins un) fil linéaire d'une des deux couches C1 et/ou C2 pourrait lui aussi être remplacé par un fil préformé ou déformé, ou plus généralement par un fil de section différente de celle des autres fils de diamètre d_1 et/ou d_2 , de manière par exemple à améliorer encore la pénétrabilité du câble par le caoutchouc ou toute autre matière, le diamètre d'encombrement de ce fil de remplacement pouvant être inférieur, égal ou supérieur au diamètre (d_1 et/ou d_2) des autres fils constitutifs de la couche (C1 et/ou C2) concernée.

Sans que l'esprit de l'invention soit modifié, tout ou partie des fils constituant le câble conforme à l'invention pourrait être constitué de fils autres que des fils en acier, métalliques ou non, notamment des fils en matière minérale ou organique à haute résistance mécanique, par exemple des monofilaments en polymères organiques cristaux liquides tels que décrits dans la demande WO92/12018.

L'invention concerne également tout câble d'acier multitorons ("*multi-strand rope*") dont la structure incorpore au moins, en tant que toron élémentaire, un câble à couches conforme à l'invention.

REVENDICATIONS

5

1. Câble multicouches à couche externe insaturée, utilisable comme élément de renforcement d'une armature de sommet de pneumatique, comportant une âme (notée C0) de diamètre d_0 entourée d'une couche intermédiaire (notée C1) de quatre ou cinq fils ($N = 4$ ou 5) de diamètre d_1 enroulés ensemble en hélice selon un pas p_1 , cette couche C1 étant elle-même entourée d'une couche externe (notée C2) de P fils de diamètre d_2 enroulés ensemble en hélice selon un pas p_2 , P étant inférieur de 1 à 3 au nombre maximal P_{\max} de fils enroulables en une couche autour de la couche C1, ce câble étant caractérisé en ce qu'il présente les caractéristiques suivantes (d_0 , d_1 , d_2 , p_1 et p_2 en mm):

10

15

- (i) $0,10 \leq d_0 < 0,50$;

- (ii) $0,25 \leq d_1 < 0,40$;

- (iii) $0,25 \leq d_2 < 0,40$;

- (iv) pour $N = 4$: $0,40 < (d_0 / d_1) < 0,80$;

pour $N = 5$: $0,70 < (d_0 / d_1) < 1,10$;

20

- (v) $4,8 \pi (d_0 + d_1) < p_1 < p_2 < 5,6 \pi (d_0 + 2d_1 + d_2)$;

- (vi) les fils des couches C1 et C2 sont enroulés dans le même sens de torsion.

2. Câble selon la revendication 1, de construction $[1+N+P]$, dont l'âme est constituée par un seul fil.

25

3. Câble selon la revendication 2, choisi parmi les câbles de constructions $[1+4+8]$, $[1+4+9]$, $[1+4+10]$, $[1+5+9]$, $[1+5+10]$ et $[1+5+11]$.

4. Câble selon les revendications 2 ou 3, de construction $[1+5+P]$.

30

5. Câble selon la revendication 4, de construction $[1+5+10]$.

6. Câble selon la revendication 4, de construction $[1+5+11]$.

35

7. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, vérifiant la relation suivante:

- $0,25 \leq d_1 \leq 0,35$;

- $0,25 \leq d_2 \leq 0,35$.

40

8. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, vérifiant la relation suivante:

$0,15 \leq d_0 \leq 0,30$.

45

9. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il s'agit d'un câble d'acier.

10 Câble selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'acier est un acier au carbone.

11. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, vérifiant la relation:

$$5,0 \pi (d_0 + d_1) < p_1 < p_2 < 5,0 \pi (d_0 + 2d_1 + d_2) .$$

12. Câble selon la revendication 11, vérifiant la relation:

$$5,3 \pi (d_0 + d_1) < p_1 < p_2 < 4,7 \pi (d_0 + 2d_1 + d_2) .$$

13. Câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel le rapport (d_1/d_2) est compris entre 1,05 et 1,30.

14. Câble selon la revendication 13, dans lequel le rapport (d_1/d_2) est compris entre 1,05 et 1,15.

15. Utilisation d'un câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 14 comme élément de renforcement d'articles ou de produits semi-finis en matière plastique et/ou en caoutchouc.

16. Utilisation d'un câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 14 comme élément de renforcement d'une armature de sommet de pneumatique radial.

17. Pneumatique radial dont l'armature de sommet comporte un câble conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 14.

18. Tissu composite utilisable comme nappe d'armature de sommet de pneumatique radial, comportant une matrice de composition de caoutchouc renforcée d'un câble selon l'une quelconque des revendications 1 à 14.

19. Tissu selon la revendication 18, sa densité de câbles étant comprise entre 20 et 70 câbles par dm de tissu.

20. Tissu selon la revendication 19, la densité de câbles étant comprise entre 30 et 60 câbles par dm de tissu.

21. Tissu selon l'une quelconque des revendications 18 à 20, la largeur notée ℓ du pont de composition de caoutchouc, entre deux câbles adjacents, étant comprise entre 0,5 et 2,0 mm.

22. Tissu selon la revendication 21, la largeur ℓ étant comprise entre 0,8 et 1,6 mm.

23. Tissu selon l'une quelconque des revendications 18 à 22, la composition de caoutchouc présentant, à l'état vulcanisé, un module sécant en extension MA10 qui est supérieur à 5 MPa.

24. Tissu selon la revendication 23, la composition de caoutchouc présentant, à l'état vulcanisé, un module MA10 compris entre 5 et 20 MPa.

- 18 -

25. Tissu selon l'une quelconque des revendications 18 à 24, le caoutchouc étant du caoutchouc naturel.

26. Pneumatique radial dont l'armature de sommet comporte, à titre de nappe renforçante,
5 au moins un tissu selon l'une quelconque des revendications 18 à 25.

1/1

Fig. 1

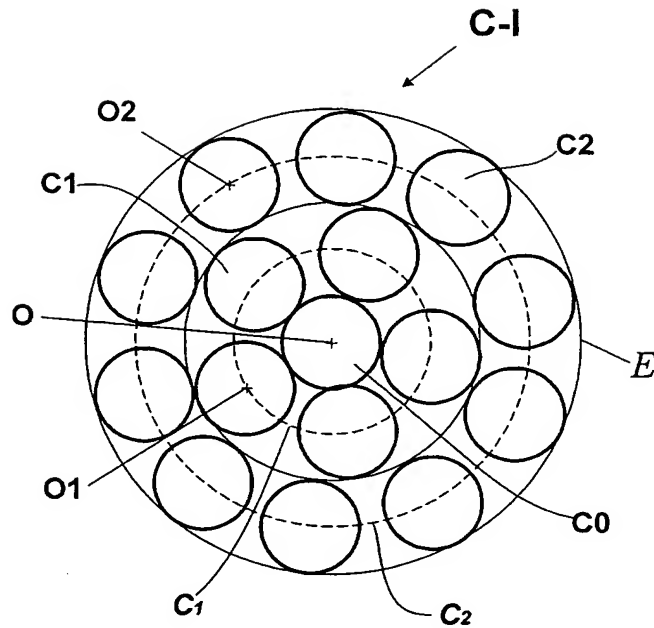


Fig. 2

